

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

**СТОЙКОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов направления подготовки
«Химия, физика и механика материалов»
очной формы обучения*

Воронеж 2013

УДК 691
ББК 38.0

Составители: С.П. Козодаев, Т.Ф. Ткаченко

Стойкость и долговечность функциональных и специальных строительных материалов: метод. указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Стойкость и долговечность функциональных и специальных строительных материалов» для студ. направления подготовки «Химия, физика и механика материалов» / Воронеж гос. арх.-строит. ун-т; сост.: С.П. Козодаев, Т.Ф. Ткаченко. – Воронеж, 2013. – 40 с.

Приведена последовательность выполнения лабораторных работ по основным разделам курса «Стойкость и долговечность функциональных и специальных строительных материалов». Указаны цель работы, соответствующие теоретические положения, описание применяемых приборов и оборудования, порядок проведения экспериментальных исследований, способы обработки результатов.

Предназначены для студентов 4-го курса направления «Химия, физика и механика материалов» дневной формы обучения.

Ил. 3. Табл. 13. Библиогр.: 12 назв.

Электронная версия, для обсуждения состава и содержания методических указаний

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания подготовлены в соответствии с учебным планом направления подготовки 020300.62 «Химия, физика и механика материалов» и предназначены для студентов 4-го курса очной формы обучения, изучающих дисциплину «Стойкость и долговечность функциональных и специальных строительных материалов».

С целью понимания существа изучаемой дисциплины приводятся определения основных терминов, фигурирующих в её названии и в содержании.

Под **долговечностью** понимают предельный срок службы зданий, сооружений, конструкций, материалов, в течение которого они при происходящих в них изменениях не утрачивают необходимых эксплуатационных качеств и в состоянии выполнять заданные им функции.

Долговечность строительных материалов и изделий связана с их составом, структурой и состоянием, поэтому в качестве научной базы решения вопросов долговечности выступает структурное материаловедение, которое раскрывает закономерные связи свойств с составом, структурой и состоянием. Долговечность определяется также интенсивностью действия эксплуатационной среды и таких её факторов, как механические нагрузки, температура, влажность, действие химических веществ, радиации, солнечного света, магнитного поля и т. д. В результате изнашивания строительный материал или конструкция могут достигать до предельного состояния.

Предельное состояние – это состояние, фиксируемое в тот момент, когда строительный материал или конструкция становятся неработоспособными. Для восстановления работоспособности требуется либо ремонт, либо частичная или полная замена, то есть полное их восстановление.

Основными процессами в материале при действии механических нагрузок являются формирование его напряженно-деформированного состояния, развитие ползучести, релаксации, накопление микро- и макроповреждений, в результате чего материал постепенно «устаёт» и становится неспособным проявлять свои первоначальные качества сопротивления внешним воздействиям всех видов.

Стойкость - это понятие, отражающее меру способности материала сохранять свои первоначальные качественные характеристики при действии на него различных факторов, стремящихся изменить эти характеристики.

Под **надежностью** (гарантией) понимается вероятность того, что в течение заданного промежутка времени эксплуатации не наступит ни одно из недопустимых предельных состояний для сооружения в целом, для отдельных его конструкций, элементов конструкций или узлов их сопряжений.

Для более глубокого освоения данной дисциплины в методических указаниях приведены краткие теоретические сведения и справочные материалы, касающиеся тематики лабораторных работ.

Методические указания рассчитаны на 30 часов аудиторных занятий.

При выполнении лабораторных работ студент должен изучить и освоить методики:

- определения истираемости различных видов строительных материалов;
- оценки кратковременной водостойкости строительных материалов по коэффициенту размягчения;
- определения относительной стойкости строительных материалов на основе различных вяжущих веществ под воздействием агрессивных химических сред;
- оценки термостойкости различных строительных материалов;
- оценки трещиностойкости бетонов по критерию вязкости разрушения.

Лабораторные работы, предлагаемые в данных методических указаниях, носят исследовательский характер и предполагают определение конкретных показателей, характеризующих стойкость и долговечность различных строительных материалов, изделий и конструкций.

При подготовке и выполнении лабораторных работ студентам следует использовать настоящие методические указания, конспект лекций по изучаемой дисциплине, литературные источники, рекомендованные к каждой лабораторной работе.

По выполненным лабораторным работам составляются отчеты, в которых необходимо указать название работы, ее цель, дать характеристику используемых материалов и методику выполнения работы, привести результаты работы с анализом полученных данных и сделать выводы по работе.

В прил. 1 представлены правила и последовательность оформления каждой лабораторной работы.

Каждая работа оформляется и защищается до начала выполнения очередной лабораторной работы.

Авторы выражают благодарность академику РААСН, д.т.н., проф. Чернышову Е.М. и к.т.н., доц. Дьяченко Е.И. за разработку методических указаний к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Надежность и долговечность строительных материалов и конструкций», часть материалов которой легли в основу данных методических указаний.

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТИРАЕМОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ (на примере различных видов бетона)

1. Цель работы

1. Изучить методику определения истираемости бетона на установке «Круг истирания».
2. Определить истираемость бетонных образцов с помощью круга истирания ЛКИ-3.

2. Краткие теоретические сведения

Истираемость материала следует определять для изделий или конструкций, к которым предъявляются требования по истираемости.

Испытание стойкости материала против истирания производят в тех случаях, когда изделия подвергаются воздействию истирающих усилий (дорожные и тротуарные покрытия, полы, лестничные ступени и другое, а также гидротехнические сооружения, при службе подвергающиеся действию быстродвижущихся в воде частиц (абразивная истираемость)). Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации водопропускных конструкций гидротехнических сооружений показал, что туннели, каналы, водосливы, водосбросы, водоспуски, промывные устройства и др., подверженные воздействию потоков воды, несущих влекомые наносы, могут подвергаться значительному износу, а иногда и разрушениям в течение сравнительно короткого времени после вступления их в работу.

Испытанию на истираемость по специальным методикам подвергают различные строительные материалы, в том числе изготовленные и на основе вяжущих материалов и заполнителей.

Стойкость при истирании – это сопротивляемость поверхности материалов действию сдвигающих касательных напряжений, проявляющихся при перемещении различных тел по поверхности материала.

Абразивная стойкость – это сопротивляемость истираемости материала в присутствии: мелкодисперсного зернистого материала между трущимися поверхностями или быстро перемещающихся мелкодисперсных частиц по поверхности материала под действием пневмо- или гидропотока.

3. Оборудование, инструменты и материалы

Весы торговые с пределом взвешивания до 10 кг; гири; емкости для взвешивания материала; совки; шпатели; кельмы; 6-ти секционные формы-кубы размером 70,7×70,7×70,7 мм (3 шт.); мерные цилиндры емкостью 1000 мл; лабораторный смеситель принудительного действия; лабораторная виброплощадка; круг истирания ЛКИ-3; пресс гидравлический УММ-20 с усилием до 200 кН.

Портландцемент; щебень фракции 5-10 мм; песок кварцевый; керамзит; вода водопроводная.

4. Методика определения стойкости материала против истирания

Лабораторная подгруппа делится на 3 звена. Каждое звено формирует образцы-кубы размером 70,7×70,7×70,7 мм по 6 образцов одного вида бетона, для чего:

1) собирают 6-ти секционные формы-кубы (размер куба 70,7×70,7×70,7 мм), смазывают их стенки и дно тонким слоем смазочного материала;

2) оформляют этикетки для образцов с указанием следующих данных: даты изготовления образца; номера лабораторной работы, для которой отформован образец; номера группы и подгруппы студентов;

3) производят замес материалов с водой в лабораторном смесителе принудительного действия, укладывают бетонную смесь в формы, уплотняют с помощью лабораторной виброплощадки, этикетируют образцы, накрывают формы стеклом (полиэтиленом, мокрой тканью) и оставляют твердеть в естественных условиях.

Распалубливают формы с образцами через 1 сутки твердения. После набора образцами требуемой прочности их испытывают на истираемость и на прочность при сжатии.

Составы бетона принимаются в зависимости от задач лабораторных исследований, а именно:

- определение истираемости равнопрочных образцов-кубов различных видов бетона для выявления сопротивляемости их структуры истирающим воздействиям;

- определение истираемости образцов-кубов одного вида бетона разной прочности для выявления влияния прочности на сопротивляемость истирающим воздействиям;

- определение истираемости образцов-кубов различных видов бетона с различной прочностью для выявления влияния их состава и прочности на сопротивляемость истирающим воздействиям.

Составы бетонов необходимо представить в табличной форме, пример оформления которой приведен в виде табл. 1.1.

Истираемость материалов определяют с помощью различных приборов. В данной работе испытание образцов проводится на установке «Круг истирания ЛКИ-3» (рис.1.1).

Образцы бетона размером 70,7×70,7×70,7 мм взвешивают и определяют площадь истираемой (нижней) поверхности. Образцы испытывают двумя сериями. Число образцов в серии должно быть не менее трех. Образцы первой серии испытывают на истираемость, второй – на прочность при сжатии. В качестве абразивного материала используют корунд - шлиф-зерно № 16, который может быть заменен нормальным вольским песком по ГОСТ 6139-91 «Песок стандартный для испытания цемента». При определении истираемости бетона с использованием вольского песка требуется учитывать коэффициент (ориентировочно равный 2,5), приводящий фактический результат к результату, который был бы получен с использованием шлифзерна № 16.

Таблица 1.1

Составы бетона

Компонент	Количество компонента на 1 форму, кг
Тяжелый бетон; В/Ц = 0,6	
Портландцемент	0,9
Щебень фракции 5 - 10 мм	2,75
Кварцевый песок	1,4
Вода	0,55
Мелкозернистый бетон; В/Ц = 0,6	
Портландцемент	1,5
Кварцевый песок	3,8
Вода	0,9
Керамзитобетон; В/Ц = 0,6	
Портландцемент	1,0
Керамзит	1,5
Кварцевый песок	1,5
Вода	0,6

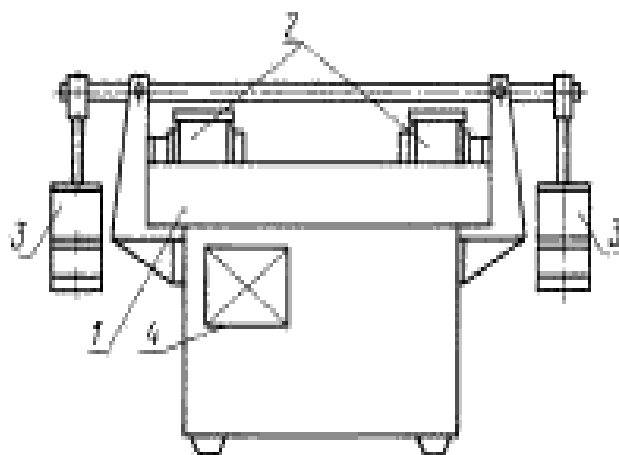


Рис. 1.1. Схема круга истирания ЛКИ-3:

- 1 – истирающий диск;
- 2 - испытываемые образцы;
- 3 – нагружающее устройство;

Боковые грани образцов, перпендикулярные истираемой грани, перед испытанием нумеруют цифрами 1, 2, 3, 4. Во время проведения испытания в последовательности нумерации образец поворачивают вокруг вертикальной оси. К каждому образцу по центру прикладывают

сосредоточенную нагрузку величиной (300 ± 5) Н.

На истирающий диск (1) прибора ЛКИ-3 равномерным слоем насыпают первую порцию (20 ± 1) г абразивного материала, расходуемую на первые 30 м пути истирания (28 оборотов диска), устанавливают образцы в гнезда (2), центрально их нагружают (3), включают привод круга (4) и отсчитывают 28 оборотов, после чего истирающий диск останавливают. Затем с диска удаляют остатки песка и истертого бетона, насыпают новую порцию абразивного материала и повторяют операцию. В целом эту операцию повторяют **5 раз**, что составляет **один цикл**, равный **150 м пути** истирания.

После завершения первого цикла образцы поворачивают вокруг вертикальной оси на 90° (с грани 1 на грань 2) и проводят второй цикл и т.д. После проведения **четырёх циклов** испытания (**600 м пути** истирания) образцы вынимают из гнезд круга истирания, обтирают сухой тканью и взвешивают.

Истираемость отдельного образца бетона (G_i) на круге истирания в г/см^2 , характеризуемую потерей массы образца, определяют с погрешностью до $0,1 \text{ г/см}^2$ по формуле

$$G_i = \alpha \frac{m_1 - m_2}{F}, \quad (1.1)$$

где α – коэффициент, учитывающий использование в качестве абразивного материала вольского песка вместо шлифзерна № 16 ($\alpha = 2,5$);

m_1 – масса образца до испытания, г;

m_2 – масса образца после испытания, г;

F – величина площади истираемой поверхности, см^2 .

Истираемость серии образцов бетона G_c определяют с погрешностью до $0,1 \text{ г/см}^2$ как среднее арифметическое значение результатов определения истираемости отдельных образцов серии по формуле

$$G_c = \frac{\sum_{i=1}^n G_i}{n}, \quad (1.2)$$

где n – число испытанных образцов.

При вычислении средней величины истираемости серии образцов следует производить проверку **выпадающих результатов** по следующим правилам.

Результат испытания G_i признается выпадающим и исключается при вычислении средней истираемости серии образцов, если величина T_i превышает критическое значение $T_{кр}$, приведенное в табл. 1.2.:

$$T_i = \frac{G_c - G_i}{S}, \quad (1.3)$$

где S – среднее квадратичное отклонение.

Среднее квадратичное отклонение S истираемости бетона в серии рассчитывается по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (G_c - G_i)^2}{n-1}}. \quad (1.4)$$

При исключении выпадающего результата необходимо пересчитать среднее значение истираемости бетона серии образцов по оставшимся результатам.

Таблица 1.2

Критическое значение T_k

Число образцов в серии	3	4	5	6
$T_{кр}$	1,15	1,48	1,72	1,89

Истираемость материалов допускается оценивать **коэффициентом истирания** ($k_{ист}$), который определяют по формуле

$$k_{ист} = \frac{h}{PS}, \quad (1.5)$$

где h – высота удаленного истиранием слоя образца, см;

P – прижимающее усилие, Н/см³;

S – длина пути образца, км.

$$P = \frac{300}{V}, \quad (1.6)$$

где 300 – прижимающее усилие, Н;

V – объем образца, см³.

Высоту удаленного истиранием слоя образца (h) определяют по формуле

$$h = \frac{a}{vF}, \quad (1.7)$$

где a – износ образца ($m_1 - m_2$), г;

v – средняя плотность образца, г/см³;

F – площадь истираемой поверхности образца, см².

$$v = \frac{m}{V}, \quad (1.8)$$

где m – масса образца до истирания, г.

Для оценки стойкости строительных материалов против истирания обычно пользуются следующей классификацией, исходя из величины коэффициента истираемости:

материалы сильной истираемости..... $k_{ист}$ свыше 1,5;

материалы средней истираемости..... $k_{ист}$ 0,5 - 1,5;

материалы слабой истираемости..... $k_{ист}$ до 0,5.

5. Результаты выполнения работы

Результаты испытаний образцов и необходимых расчетов всех звеньев заносят в табл. 1.3.

6. Выводы

По результатам анализа полученных данных дают оценку стойкости одного вида или различных видов бетона при истирании; сопоставляют показатели истираемости материалов с их составом и прочностью с позиций влияния данных факторов на величину истираемости бетона.

7. Контрольные вопросы

1. Что такое долговечность строительных материалов и изделий?
2. Что такое надежность строительных материалов и изделий?
3. Что такое истираемость строительных материалов и изделий?
4. Что такое стойкость при истирании строительных материалов и изделий?
5. Для каких видов строительных материалов и изделий предъявляются требования по истираемости?

8. Библиографический список

1. ГОСТ 13087-81. Бетоны. Методы определения истираемости.
2. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

Таблица 1.3

Результаты определения показателей истираемости и прочности бетона

Номер образ-ца	Масса образца до испытания, $m_1, \text{г}$	Размеры образца, $a \times b \times h, \text{см}$	Площадь истираемой / (нагружаемой) поверхности, $a \times b / (b \times h), \text{см}^2$	Масса образца после испытания на истираемость, $m_2, \text{г}$	Истираемость образца бетона, $G_c, \text{г/см}^2$	Предел прочности при сжатии образца бетона, $R_{сж}, \text{МПа}$
Тяжелый бетон						
1						-
2						-
3						-
4				-	-	
5				-	-	
6				-	-	
Среднее значение величины:					$G_c =$	$\bar{R}_{сж} =$
Среднее квадратичное отклонение					$S =$	
Коэффициент истирания					$k_{ист} =$	
Мелкозернистый бетон						
1						-
2						-
3						-
4				-	-	
5				-	-	
6				-	-	
Среднее значение величины:					$G_c =$	$\bar{R}_{сж} =$
Среднее квадратичное отклонение					$S =$	
Коэффициент истирания					$k_{ист} =$	

Окончание табл. 1.3

Номер образ-ца	Масса образца до испытания, m_1 , г	Размеры образца, $a \times b \times h$, см	Площадь истираемой / (нагружаемой) поверхности, $a \times b / (b \times h)$, см ²	Масса образца после испытания на истираемость, m_2 , г	Истираемость образца бетона, G_c , г/см ²	Предел прочности при сжатии образца бетона, $R_{сж}$, МПа
Керамзитобетон						
1						-
2						-
3						-
4				-	-	
5				-	-	
6				-	-	
Среднее значение величины:					$G_c =$	$\bar{R}_{сж} =$
Среднее квадратичное отклонение					$S =$	
Коэффициент истирания					$k_{ист} =$	

Лабораторная работа № 2

ОЦЕНКА КРАТКОВРЕМЕННОЙ ВОДОСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ РАЗМЯГЧЕНИЯ

1. Цель работы

1. Изучить методику определения кратковременной водостойкости строительных материалов.
2. Определить кратковременную водостойкость гипсового камня, приготовленного при различном водогипсовом отношении.

2. Краткие теоретические сведения

Водостойкость - свойство материала в условиях полного водонасыщения не снижать, а сохранять свои прочностные свойства. У одних материалов (например, у цементного бетона) прочность при насыщении водой увеличивается, у других (например, у гипсовых материалов) – резко снижается. Водостойкость пористых материалов зависит как от их природы, так и от величины пор и их распределения в объеме материала.

Показателем водостойкости является коэффициент размягчения $K_{разм}$, который определяется как отношение предела прочности при сжатии материала в насыщенном водой состоянии к пределу прочности при сжатии сухого материала. Значения коэффициента размягчения для различных материалов находятся в интервале от 0 (необожженные глиняные материалы) до 1 (стекло, металлы, битум, фарфор). Материалы с коэффициентом размягчения не менее 0,8 относят к водостойким (например, кварцит, гранит, мрамор). Такие материалы разрешается применять в строительных конструкциях, возводимых в воде и в местах с повышенной влажностью.

Особенно большое значение имеет этот показатель для условий гидромелиоративного строительства, где конструкции и сооружения часто подвергаются попеременному увлажнению и высыханию или эксплуатируются непосредственно в воде. Для некоторых материалов этот фактор является весьма существенным, так как он в значительной степени влияет на долговечность сооружения.

Кратковременная водостойкость является составляющей общей водостойкости строительных материалов. Под влиянием влаги происходит изменение прочностных свойств большинства строительных материалов. Это связано с проявлением эффекта Ребиндера – эффекта облегчения развития пластической деформации и снижения прочности твердых тел в присутствии поверхностно-активных веществ, вызывающих снижение свободной поверхностной энергии деформируемого под нагрузкой тела. В связи с этим оценка кратковременной водостойкости строительных материалов становится необходимой.

Водопоглощение — способность материала поглощать влагу и удерживать ее в порах. Не следует забывать, что пористые материалы обычно содержат и открытые, и закрытые поры, причем открытые поры увеличивают проницаемость и водопоглощение материала. При увлажнении материала изменяются его свойства: возрастает плотность, материал набухает, снижаются теплофизические показатели и прочность.

3. Оборудование, инструменты и материалы

Весы торговые с пределом взвешивания до 10 кг; гири; весы технические с точностью взвешивания до 0,1 г; емкости для взвешивания материала; совки; шпатели; кельмы; формы-балочки размером 40×40×160 мм (3 шт.); мерные цилиндры емкостью 250, 1000 мл; лабораторный смеситель турбинного типа; лабораторная виброплощадка; сушильные шкафы с регулированием температуры от 50 до 110 °С (1 шт.); емкости для водонасыщения образцов; пресс гидравлический УММ-20 с усилием до 200 кН.

Гипсовое вяжущее – 9 кг; вода водопроводная.

4. Методика определения кратковременной водостойкости

Лабораторная подгруппа делится на 3 звена. Каждое звено формирует образцы-балочки размером 40×40×160 мм по 6 образцов (одного водогипсового отношения) для чего:

1) собирают формы-балочки размером 40×40×160 мм, смазывают их стенки и дно тонким слоем смазочного материала;

2) оформляют этикетки для образцов с указанием следующих данных: даты изготовления образца; номера лабораторной работы, для которой отформован образец; номера группы и подгруппы студентов;

3) производят замес материалов с водой в лабораторном смесителе принудительного действия, укладывают смесь в формы, уплотняют с помощью лабораторной виброплощадки, этикетируют образцы, накрывают формы стеклом (полиэтиленом, мокрой тканью) и оставляют твердеть в естественных условиях.

Распалубливают формы с образцами через 1 сутки твердения.

Рекомендуемые составы смесей приведены в табл. 2.1.

После твердения в течение 2-х недель образцы-балочки готовят к испытаниям. Для этого перед началом водонасыщения все образцы высушивают до постоянной массы. Высушивание образцов-балочек производится в сушильном шкафу при температуре при 45 – 55 °С. Затем все образцы делятся на две партии. Первую партию образцов испытывают на сжатие в высушенном состоянии с помощью гидравлического прессы УММ-20, вторая партия образцов подвергается водонасыщению по методике, приведенной ниже.

Таблица 2.1

Составы смесей

Компонент	Количество компонентов на 2 формы, кг
Гипсовое тесто; В/Г = 0,6	
Гипс строительный	3,0
Вода	1,8
Гипсовое тесто; В/Г = 0,7	
Гипс строительный	3,0
Вода	2,1
Гипсовое тесто; В/Г = 0,8	
Гипс строительный	3,0
Вода	2,4

Для водонасыщения **гипсовых образцов** их помещают в ванну в горизонтальном положении и заливают водой до половины, а через 2 ч - полностью, чтобы вода сверху покрывала образцы слоем, толщиной не менее 10 мм. Каждые 24 часа образцы вынимают из воды, вытирают их поверхность влажной тканью и взвешивают. Водонасыщение образцов заканчивают, когда два последовательно проведенных их взвешивания не показывают приращения массы. После этого образцы с помощью пресса УММ-20 испытывают на прочность при сжатии.

При взвешивании водонасыщенных образцов массу воды, вытекшей из образца на чашку весов, включают в массу образца, насыщенного водой. Взвешивание каждого образца должно быть закончено не позднее 2 мин после его удаления из воды.

На основании полученных данных рассчитывают также значение водопоглощения (W) образцов по массе

$$W = \frac{m_1 - m}{m} 100\%, \quad (2.1)$$

где m_1 - масса образца, насыщенного водой, г;

m - масса образца, высушенного до постоянной массы, г.

Коэффициент размягчения ($K_{разм}$) материалов рассчитывают по следующей формуле

$$K_{разм} = \frac{\bar{R}_{сж(вод)}}{\bar{R}_{сж(сух)}}, \quad (2.2)$$

где $\bar{R}_{сж(вод)}$ - среднее значение предела прочности при сжатии образцов в водонасыщенном состоянии, МПа;

$\bar{R}_{сж(сух)}$ - среднее значение предела прочности при сжатии образцов в высушенном до постоянной массы состоянии, МПа.

5. Результаты выполнения работы

Результаты испытаний образцов и необходимых расчетов всех звеньев заносят в табл. 2.2.

6. Выводы

По результатам анализа значений водопоглощения гипсового камня и величин коэффициентов его размягчения сделать вывод о кратковременной водостойкости исследованного строительного материала.

7. Контрольные вопросы

1. Что такое водостойкость строительных материалов?
2. Что такое «кратковременная» и «длительная» водостойкость?
2. По каким критериям оценивается водостойкость строительных материалов? Какова физико-химическая сущность этих критериев?

8. Библиографический список

- 1.ГОСТ 23789-79. Вяжущие гипсовые. Методы испытаний.
2. ГОСТ 12730.3-78. Бетоны. Метод определения водопоглощения.

Таблица 2.2

Результаты определения показателей водостойкости и коэффициента размягчения материала

Номер образца	Состояние образца	Масса высушенного образца, $m_{\text{сух}}$, Г	Масса водонащенного образца, $m_{\text{вод}}$, Г	Разрушающая нагрузка высушенного образца, $R_{\text{сух}}$, Н	Разрушающая нагрузка водонащенного образца, $R_{\text{вод}}$, Н	Предел прочности при сжатии высушенного образца, $R_{\text{сух}}$, МПа	Предел прочности при сжатии водонащенного образца, $R_{\text{вод}}$, МПа	Водопоглощение образца по массе, W , %	Коэффициент размягчения, $K_{\text{разм}}$
Гипсовый камень (при В/Г=0,6)									
1	Высуш.		-		-		-	-	...
2	Высуш.		-		-		-	-	
3	Высуш.		-		-		-	-	
4	Водонас.			-		-			
5	Водонас.			-		-			
6	Водонас.			-		-			
Среднее значение:						
Гипсовый камень (при В/Г=0,7)									
1	Высуш.		-		-		-	-	...
2	Высуш.		-		-		-	-	
3	Высуш.		-		-		-	-	
4	Водонас.			-		-			
5	Водонас.			-		-			
6	Водонас.			-		-			
Среднее значение:						
Гипсовый камень (при В/Г=0,8)									
1	Высуш.		-		-		-	-	...
2	Высуш.		-		-		-	-	
3	Высуш.		-		-		-	-	
4	Водонас.			-		-			
5	Водонас.			-		-			
6	Водонас.			-		-			
Среднее значение:						

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АГРЕССИВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ СРЕД

1. Цель работы

1. Изучить методику определения относительной стойкости строительных материалов под воздействием агрессивных химических сред.

2. Определить относительную стойкость цементного и гипсового камня под воздействием агрессивной химической среды по:

- изменению массы образцов;
- изменению предела прочности при изгибе и сжатии образцов.

2. Краткие теоретические сведения

Стойкость материала в химически агрессивной водной и газовой среде - это его способность долго сохранять свои эксплуатационные качества при работе в неблагоприятных условиях внешней среды без значительных повреждений и разрушений.

Цементный камень менее стойкий, нежели каменные заполнители, при воздействии на бетон химически агрессивных агентов разрушается в первую очередь. Все причины коррозии бетона на портландцементе могут быть сведены в следующие основные группы:

1. Физическое растворение и вынос фильтрующей сквозь бетон мягкой, пресной водой гидрата окиси кальция и других растворимых соединений, входящих в состав цементного камня (выщелачивание). Коррозия этого вида связана с прогрессирующим уменьшением плотности бетона;

2. Взаимодействие компонентов цементного камня, прежде всего гидрата окиси кальция, со свободными кислотами, которые могут содержаться в воде (кислотная коррозия). В результате образуются относительно легко растворимые соли этих кислот, легко вымываемые водой из бетона;

3. Взаимодействие содержащихся в минерализованных водах солей, в частности сульфатных или магниевых (сульфатная и сульфомагнезиальная коррозии), с составными частями цементного камня, в результате чего могут происходить обменные реакции с образованием в цементном камне новых соединений, легче растворимых в воде, нежели исходные его компоненты, например образование под действием сульфатных солей вместо Ca(OH)_2 легко растворимого гипса. Гипс же при кристаллизации увеличивается в объёме, что может привести к внутренним напряжениям и образованию трещин, усиливающих процессы коррозии бетона и арматуры.

Материалы на основе гипсовых вяжущих обладают повышенной стойкостью в сульфатных растворах низкой (0,2 %) и высокой (3 %) концентраций, а также в минерализованных грунтовых водах. Коэффициент их коррозионной стойкости, характеризующий изменение прочностных и деформативных свойств материала за периоды 6 или 12 мес., находится в интервале значений 0,83–1,0.

3. Оборудование, инструменты и материалы

Весы торговые с пределом взвешивания до 10 кг; гири; весы технические с точностью взвешивания до 0,1 г; емкости для взвешивания материала; совки; шпатели; кельмы; формы-балочки размером 40×40×160 мм (8 шт.); мерные цилиндры емкостью 250, 1000 мл; лабораторный смеситель турбинного типа; лабораторная виброплощадка; емкости для выдерживания образцов в воде и в агрессивной среде; пресс гидравлический УММ-20 с усилием до 200 кН.

Портландцемент - 3 кг; гипсовое вяжущее – 3 кг; вода водопроводная.

4. Методика определения стойкости материалов

Лабораторная подгруппа делится на 2 звена. Каждое звено формирует образцы-балочки размером 40×40×160 мм по 6 образцов (с каждым видом вяжущего) для чего:

1) собирают формы-балочки размером 40×40×160 мм, смазывают их стенки и дно тонким слоем смазочного материала;

2) оформляют этикетки для образцов с указанием следующих данных: даты изготовления образца; номера лабораторной работы, для которой отформован образец; номера группы и подгруппы студентов;

3) производят замес материалов с водой в лабораторном смесителе принудительного действия, укладывают смесь в формы, уплотняют с помощью лабораторной виброплощадки, этикетируют образцы, накрывают формы стеклом (полиэтиленом, мокрой тканью) и оставляют твердеть в естественных условиях.

Распалубливают формы с образцами **через 1 сутки** твердения.

Рекомендуемые составы смесей приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Составы смесей

Компонент	Количество компонентов на 2 формы, кг
Гипсовое тесто; В/Г = 0,6	
Гипс строительный	3,0
Вода	1,8
Цементное тесто; В/Ц = 0,4	
Портландцемент	3,0
Вода	1,2

После твердения образцов в течение 2-х недель их готовят к испытаниям. Для этого все образцы на основе каждого вида вяжущего делят на две партии. Первую партию образцов помещают в воду, вторую партию - в агрессивную среду (10%-ный раствор сернокислого натрия).

Через 1 сутки твердения одну половину образцов на основе каждого вида вяжущего, находящихся и в воде, и в агрессивной среде, обтирают влажной тканью взвешивают и испытывают на прочность при сжатии с помощью гидравлического пресса УММ-20.

Оставшуюся вторую половину образцов на основе каждого вида вяжущего после обтирания влажной тканью взвешивают и вновь помещают в соответствующие среды. Через 28 суток хранения эти образцы после обтирания влажной тканью взвешивают и испытывают таким же образом, как и первую половину образцов.

Коэффициент стойкости материала по массе (K_m) и по потере прочности ($K_{R_{сж}}$) рассчитывают по формулам

$$K_m = \frac{m_{(агр)}}{m_{(вод)}} \quad (3.1)$$

$$K_{R_{сж}} = \frac{R_{сж(агр)}}{R_{сж(вод)}}, \quad (3.2)$$

где $R_{сж(агр)}$ - среднее значение предела прочности при сжатии материала, хранящегося в агрессивной среде;

$R_{сж(вод)}$ - среднее значение предела прочности при сжатии материала, хранящегося в воде.

5. Результаты выполнения работы

Результаты испытаний образцов и необходимых расчетов всех звеньев заносят в табл. 3.2.

6. Выводы

По результатам анализа полученных данных делают вывод об относительной стойкости строительных материалов под воздействием агрессивных сред.

7. Контрольные вопросы

1. Какие виды агрессивных сред различают для строительных конструкций?
2. Какие виды коррозии различают в строительных материалах?
3. По каким критериям оценивается стойкость строительных материалов в агрессивных средах?

8. Библиографический список

1. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества / А.В. Волженский, Ю.С. Буров, В.С. Колокольников: Учеб. для вузов. – М: Стройиздат, 1986. – 464 с.
2. СТ СЭВ 2440-80. Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Классификация агрессивных сред.
3. СТ СЭВ 4420-83. Защита от коррозии в строительстве. Общие положения.

Таблица 3.2

Результаты определения показателей относительной стойкости материала к действию агрессивной среды

Номер образца	Эксплуатационная среда	Масса образца через 1 сутки твердения, m_1 , г	Масса образца через 28 суток твердения, m_{28} , г	Разрушающая нагрузка образца через 1 сутки твердения, $R_{\text{сух}}$, Н	Разрушающая нагрузка образца через 28 суток твердения, $R_{\text{вод}}$, Н	Предел прочности при сжатии образца через 1 сутки твердения, $R_{\text{сж}}$, МПа	Предел прочности при сжатии образца через 28 суток твердения, $R_{\text{сж}}$, МПа	Относительная стойкость по:		
								изменению массы, г	коэффициенту стойкости	
Гипсовый камень										
1	Вода		-		-		-	-	...	
2	Вода		-		-		-			
3	Вода		-		-		-			
4	Вода			-		-				...
5	Вода			-		-				...
6	Вода			-		-				...
Среднее значение:						-	...	
7	Агрес.среда		-		-		-			
8	Агрес.среда		-		-		-			
9	Агрес.среда		-		-		-			
10	Агрес.среда			-		-				...
11	Агрес.среда			-		-				...
12	Агрес.среда			-		-				...
Среднее значение:						-		

Окончание табл. 3.2

Номер образца	Эксплуатационная среда	Масса образца через 1 сутки твердения, m_1 , г	Масса Образца через 28 суток твердения, m_{28} , г	Разрушающая нагрузка образца через 1 сутки твердения, $R_{сух}$, Н	Разрушающая нагрузка образца через 28 суток твердения, $R_{вод}$, Н	Предел прочности при сжатии образца через 1 сутки твердения, $R_{сж}$, МПа	Предел прочности при сжатии образца через 28 суток твердения, $R_{сж}$, МПа	Относительная стойкость по:		
								изменению массы, г	коэффициенту стойкости	
Цементный камень										
1	Вода		-		-		-	-	...	
2	Вода		-		-		-			
3	Вода		-		-		-			
4	Вода			-		-	...			
5	Вода			-		-	...			
6	Вода			-		-	...			
Среднее значение:						-		...
7	Агрес.среда		-		-		-			
8	Агрес.среда		-		-		-			
9	Агрес.среда		-		-		-			
10	Агрес.среда			-		-	...			
11	Агрес.среда			-		-	...			
12	Агрес.среда			-		-	...			
Среднее значение:						-		

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Цель работы

1. Изучить методику определения термостойкости строительных материалов по изменению их прочностных показателей.
2. Определить коэффициент термической стойкости различных строительных материалов.

2. Краткие теоретические сведения

Термостойкость - это способность материала противостоять, не разрушаясь, термическим напряжениям, обусловленным изменением температуры при нагреве (свыше 200 °С) или охлаждении. Термостойкость зависит от **коэффициента термического расширения** и **теплопроводности материала**, его упругих и других свойств, а также от формы и размеров изделия.

Термостойкость строительного материала зависит от габаритов и формы изделия, от его упругости, теплопроводности и коэффициента термического расширения. Эти зависимости являются основными критериями термостойкости. На практике термостойкость материала оценивают обычно числом теплосмен (циклов нагрева и охлаждения), выдерживаемых образцом до появления трещин, частичного или полного разрушения, либо температурным градиентом, при котором возникают трещины.

Факторами возможного разрушения материала под действием высоких температур являются:

- 1) проявление макроградиентности в нагретости материала;
- 2) проявление микроградиентности теплового и деформационного состояния компонентов в структуре материала из-за различия их коэффициента линейного температурного расширения;
- 3) термическое разложение (например, дегидратация продуктов твердения цементного бетона);
- 4) термический полиморфизм компонентов материала.

Всё это создаёт условия, как для химического разрушения компонентов, так и для разрыва внутренних связей из-за появления внутренних напряжений.

Например, использование в составе бетонной смеси шлакового заполнителя позволяет добиться не только высокой термостойкости цементного бетона, но и его прочности. Применение мелкозернистого песка из шлаковой пемзы в качестве наполнителя повышает плотность и термостойкость бетона, так как использование шлаковой пемзы

обеспечивает устойчивость бетона к нагревам и резким перепадам температур, благодаря наличию в смеси более 50 % стеклофазы.

3. Оборудование, инструменты и материалы

Весы торговые с пределом взвешивания до 10 кг; гири; весы технические с точностью взвешивания до 0,1 г; емкости для взвешивания материала; совки; шпатели; кельмы; формы-кубы групповые по 6 штук в форме (размер куба 50×50×50 мм) (2 шт.); мерные цилиндры емкостью 250, 1000 мл; лабораторный смеситель турбинного типа; лабораторная виброплощадка; сушильные шкафы с регулированием температуры от 50 до 110 °С (2 шт.); муфельная печь; пресс гидравлический УММ-20 с усилием до 200 кН.

Портландцемент; гипсовое вяжущее; вода водопроводная.

4. Методика определения термостойкости

Лабораторная подгруппа делится на 2 звена. Каждое звено формирует образцы-кубы размером 50×50×50 мм по 6 образцов (из одного вида вяжущего) для чего:

1) собирают 6-ти секционные формы размером 50×50×50 мм, смазывают их стенки и дно тонким слоем смазочного материала;

2) готовят этикетки для образцов со следующими данными: дата изготовления образца; номер лабораторной работы, для которой отформован образец; номер группы и подгруппы студентов;

3) производят замес материалов с водой в лабораторном смесителе турбинного типа, укладывают смесь в формы, уплотняют с помощью лабораторной виброплощадки, этикетируют образцы, накрывают формы стеклом (полиэтиленом, мокрой тканью) и оставляют твердеть в естественных условиях.

Распалубливают формы с образцами **через 1 сутки** твердения.

Рекомендуемые составы смесей приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Составы смесей

Компонент	Количество компонентов на 1 форму, кг
Гипсовое тесто; В/Г = 0,6	
Гипс строительный	1,4
Вода	0,85
Цементное тесто; В/Ц = 0,4	
Портландцемент	1,5
Вода	0,6

После набора требуемой прочности образцы-кубы испытывают. Для этого все образцы на основе каждого вида вяжущего делят на две партии. Через 28 суток твердения первую партию образцов высушивают до

постоянной массы, причем образцы на основе портландцемента высушивают при температуре 105 °С, а на основе гипса – при 45–55 °С. Вторую партию образцов подвергают термической обработке при температуре 250 °С в течение 120 мин. После этого все образцы испытывают на прочность при сжатии с помощью гидравлического пресса УММ-20

Коэффициент термической стойкости (K_T) материалов рассчитывают по формуле

$$K_T = \frac{\bar{R}_{сж}^T}{\bar{R}_{сж}^C}, \quad (4.1)$$

где $\bar{R}_{сж}^T$ - среднее значение предела прочности при сжатии материала после термического воздействия, МПа;

$\bar{R}_{сж}^C$ - среднее значение предела прочности при сжатии материала в высушенном состоянии, МПа.

5. Результаты выполнения работы

Результаты испытаний образцов и необходимых расчетов всех звеньев заносят в табл. 4.2.

6. Выводы

По результатам анализа полученных значений коэффициента термической стойкости делают вывод о термостойкости испытанных материалов.

7. Контрольные вопросы

1. Что такое термостойкость материала?
2. По каким критериям оценивают термостойкость строительных материалов?
3. Какие фазовые изменения происходят в структуре портландцементного и гипсового камня при их термической обработке?

8. Библиографический список

1. Физико-химические и технологические основы жаростойких цементов и бетонов. – М: Наука, 1986. – 188 с.
2. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
3. ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.

Таблица 4.2

Результаты определения прочности материала и его коэффициента термической стойкости

Номер образца, его состояние	Геометрические размеры образца, а x b x h, м	Масса высушенного образца, $m_{\text{сух}}$, г	Масса термообработанного образца, $m_{\text{вод}}$, г	Разрушающая нагрузка высушенного образца, $R_{\text{сух}}$, Н	Разрушающая нагрузка термообработанного образца, $R_{\text{вод}}$, Н	Предел прочности при сжатии высушенного образца, $R_{\text{сж}}^{\text{с}}$, МПа	Предел прочности при сжатии термообработанного образца, $R_{\text{сж}}^{\text{т}}$, МПа	Коэффициент термической стойкости, K_{T}
Гипсовый камень								
1 выс.			-		-		-	...
2 выс.			-		-		-	
3 выс.			-		-		-	
4 терм.				-		-		
5 терм.				-		-		
6 терм.				-		-		
Среднее значение:						
Цементный камень								
1 выс.			-		-		-	...
2 выс.			-		-		-	
3 выс.			-		-		-	
4 терм.				-		-		
5 терм.				-		-		
6 терм.				-		-		
Среднее значение:						

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО КРИТЕРИЮ ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ (на примере силикатного бетона)

1. Цель работы

1. Изучить методику определения критического коэффициента интенсивности разрушения (K_{Ic}) строительных материалов.
2. Определить экспериментально показатель трещиностойкости силикатного бетона по критическому коэффициенту интенсивности его разрушения (вязкости разрушения).

2. Краткие теоретические сведения

Образование трещин на строительных конструкциях отрицательно отражается на их долговечности, несущей способности и внешнем виде. **Трещины** — результат напряжений и деформаций, возникающих при действии механических нагрузок на конструкции, больших температурных и влажностных перепадов в смежных зонах тела материала, а также некоторых других факторов. Образование трещин на конструкциях зависит как от значения температурно-влажностных градиентов, так и от свойств материала и, в частности, прочности, модуля упругости, предельной растяжимости, показателей усадки, ползучести и др. Определенное значение имеют размер и форма изделий и конструкций.

Трещиностойкость – [cracking resistance] — способность материала сопротивляться развитию трещин (разрушению) при однократном, циклическом и замедленном разрушении. В механике разрушения к основным характеристикам трещиностойкости относят: критическое значение коэффициента интенсивности напряжений; критическое раскрытие берегов трещины в тупиковой части; работу, которую нужно затратить на образование трещины. Наиболее надежную оценку трещиностойкости материалов дают испытания образцов с предварительно нанесенной **усталостной трещиной**, поскольку это наиболее распространенный опасный дефект конструкции.

Рост трещины начинается, если коэффициент интенсивности напряжения или его размах (при циклическом нагружении), превышает некоторый порог, и состоит из трех стадий: нарастающей скорости роста, стабильного относительно медленного ее распространения и ускорения развития трещины, заканчивающегося разрушением конструкции. Кинетику разрушения описывают диаграммами в координатах: длина трещины — число циклов или время при циклическом нагружении; длина трещины — время при длительности статичного нагружения. Кинетические параметры

разрушения позволяют прогнозировать работоспособность материалов в конструкциях.

Например, цементы с приблизительно одинаковыми показателями усадки могут значительно различаться по трещиностойкости. Полагают, что цементы с пониженной скоростью твердения характеризуются меньшей склонностью к трещинообразованию, поэтому судить о трещиностойкости того или иного цемента только по показателям его усадки нельзя.

3. Оборудование, инструменты и материалы

Ножовочное полотно; линейка металлическая; термометр; влагомер; весы торговые с пределом взвешивания до 10 кг; весы технические с точностью взвешивания до 0,1г; сушильные шкафы с регулированием температуры от 50 до 110 °С (2 шт.); пресс гидравлический УММ-20 с усилием до 200 кН.

Газосиликатный блок.

4. Методика определения трещиностойкости

1. Из массива газосиликатного блока выпиливают с помощью ножовочного полотна образцы двух типоразмеров: образцы-балочки 40×40×160 мм (3 образца) и образцы-призмы размером 40×80×340 мм (6 образцов), чтобы направление приложения нагрузки на образец было перпендикулярно направлению вспучивания ячеистобетонной массы (рис. 5.1). Образцы также можно изготовить, используя формы необходимых размеров.

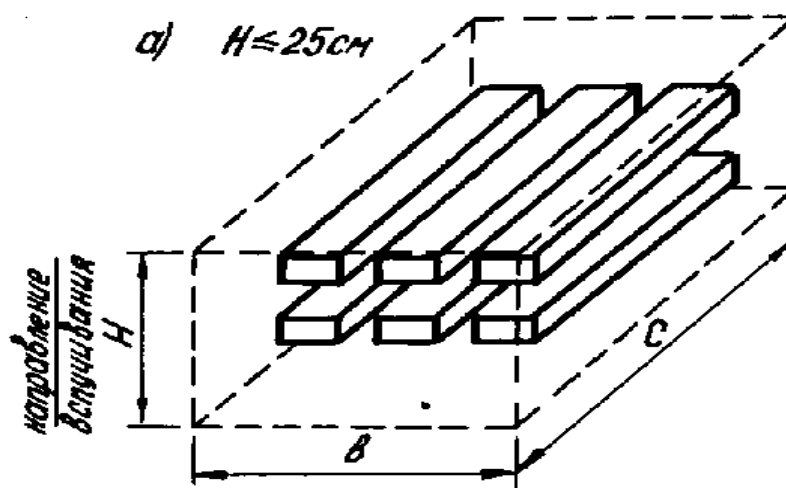


Рис. 5.1. Схема выпиливания образцов из силикатного блока

2. Образцы маркируют на грани образца с указанием следующих данных: дата изготовления образца; номер лабораторной работы, для которой

изготовлен образец; номер группы и подгруппы студентов. Маркировка не должна повреждать образец и влиять на результаты испытания.

На образцы-призмы наносят надрез по схеме, представленной на рис. 5.2.

Надрез выполняет роль инициатора развития магистральной трещины в образце при нагружении его по схеме трехточечного сосредоточенного изгиба. Надрезы наносят при помощи режущего инструмента или при формовании образцов путем закладывания фольги либо металлической пластины. Ширина надреза не должна превышать половины диаметра заполнителя и быть не более 2 мм.

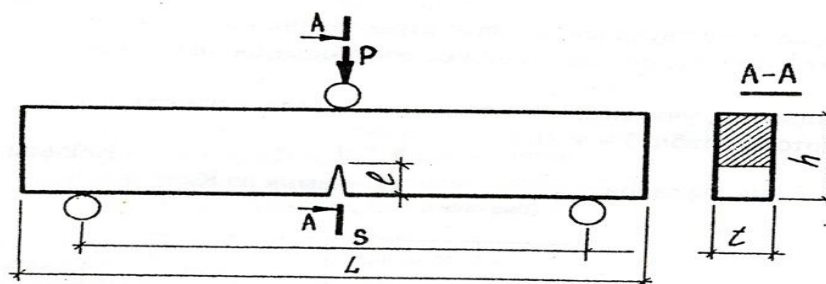


Рис. 5.2. Схема нанесения надреза и испытания образца-призмы на вязкость разрушения

Образцы высушивают до постоянной массы, измеряют и взвешивают. Рассчитывают значение средней плотности (ρ) каждого образца по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (5.1)$$

где m – масса образца, г;

V – объем образца, см³.

Затем вычисляют среднее значение средней плотности материала.

Образцы-балочки 40×40×160 мм испытывают на прочность при изгибе и сжатии с помощью пресса УММ-20. Рассчитывают средние значения предела прочности при изгибе и сжатии образцов.

Образцы-призмы 40×80×340 мм с надрезом испытывают на вязкость разрушения.

Перед началом испытаний следует провести два цикла нагружения-разгружения до нагрузки, составляющей 10 % ожидаемой максимальной нагрузки. Скорость нагружения образца устанавливают по скорости перемещения нагружающей плиты пресса в пределах 0,02 – 0,2 мм/с; при этом время испытания должно составлять не менее 1 мин. Затем образец нагружают непрерывно вплоть до его разделения на части с фиксацией нагрузки, соответствующей динамическому началу движения магистральной трещины (F_c).

Расчет коэффициента вязкости разрушения (K_{Ic}) материала осуществляют по формуле

$$K_{Ic} = \frac{F_c}{t \cdot h^{1/2}} \cdot Y_2 \cdot k_w \cdot k_t, \quad (5.2)$$

где F_c – нагрузка, соответствующая началу движения магистральной

трещины, Н;
 Y_2 – коэффициент К-тарировки, зависящий от соотношения L/h
(принимается по прил. 2);
 k_w и k_t – коэффициенты, учитывающие соответственно влажность
и температуру материала (принимаются по прил. 3);
 t – ширина образца, м;
 h – высота образца, м.

Относительную трещиностойкость материала (T_0) оценивают по величине отношения вязкости его разрушения к пределу его прочности при сжатии по формуле

$$T_0 = \frac{K_{1c}}{\bar{R}_{сж}}, \quad (5.3)$$

где K_{1c} – коэффициент вязкости разрушения материала
 $\bar{R}_{сж}$ – среднее значение предела прочности при сжатии материала, МПа

5. Результаты выполнения работы

Результаты испытаний образцов и необходимых расчетов заносят в табл. 5.1 - 5.4.

6. Выводы

По результатам анализа полученных значений коэффициента вязкости разрушения материала делают вывод о его трещиностойкости и об относительной трещиностойкости.

7. Контрольные вопросы

1. Каковы причины возникновения трещин в строительных материалах?
2. Что такое трещиностойкость строительного материала?
3. Что такое относительная трещиностойкость строительного материала?

8. Библиографический список

1. ГОСТ 29167-91 Бетоны. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении.
2. Чернышов Е.М., Дьяченко Е.И. Методика оценки вязкости разрушения силикатных автоклавных материалов. – Воронеж, 1990. – 33 с.

Таблица 5.1

Результаты определения средней плотности образцов силикатного бетона

Номер образца	Линейные размеры образца, м			Масса образца, кг	Площадь нагружаемой поверхности, м ²	Объем образца, м ³	Средняя плотность, кг/м ³
	длина	ширина	высота				
Образцы-балочки							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
Среднее значение:							
Образцы-призмы							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
Среднее значение:							

Таблица 5.2

Результаты определения предела прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек

Номер образца	Разрушающая нагрузка при изгибе, Н	Предел прочности при изгибе, МПа	Среднее значение предела прочности при изгибе, МПа	Разрушающая нагрузка при сжатии, Н		Предел прочности при сжатии, МПа		Среднее значение предела прочности при сжатии, МПа
				первая половинка образца-балочки	вторая половинка образца-балочки	первая половинка образца-балочки	вторая половинка образца-балочки	
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Таблица 5.3

Результаты определения вязкости разрушения образцов-призм

Номер образца	Относительная длина образца (L/h)	Нагрузка, соответствующая началу движения магистральной трещины F_c , Н	Разрушающая нагрузка при изгибе, Н	Предел прочности при изгибе, МПа	Разрушающая нагрузка при сжатии, Н		Предел прочности при сжатии, МПа		Коэффициент вязкости разрушения образцов-призм (K_{Ic}), $\text{кН/м}^{3/2}$
					первая половинка образца-призмы	вторая половинка образца-призмы	первая половинка образца-призмы	вторая половинка образца-призмы	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
Среднее значение:					Среднее значение:				

Таблица 5.4

Результаты расчета относительной трещиностойкости силикатного бетона

Среднее значение коэффициента вязкости разрушения образцов-призм (K_{Ic}), $\text{кН/м}^{3/2}$	Среднее значение предела прочности при сжатии образцов-балочек, МПа	Относительная трещиностойкость бетона

**ПРАВИЛА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ
ОФОРМЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

К оформлению результатов выполненной лабораторной работы предъявляются следующие требования.

1. В тексте не допускается сокращение слов, кроме общепринятых сокращений.
2. В работе оформляются данные экспериментов, выполненных всеми звеньями учебной подгруппы.
3. В работе делаются ссылки на ГОСТы, которые расшифровываются номером и названием.
4. Рисунки нумеруются (если их несколько), подписываются и расшифровываются обозначениями.
5. Таблицы нумеруются (если их несколько) и озаглавливаются.
6. Формулы нумеруются (если их несколько). Для формул даются обозначения с размерностью величин.

**Пример последовательности оформления
лабораторной работы**

Лабораторная работа № ____

_____ (название работы)

1. Цель работы: _____
 - 1.1. _____
 - 1.2. _____
 - ... _____
2. Методика выполнения работы: _____
 - 2.1. _____
 - 2.2. _____
 - ... _____
3. Результаты выполнения работы: _____
 - 3.1. _____
 - 3.2. _____
 - ... _____
4. Выводы: _____
 - 4.1. _____
 - 4.2. _____
 - ... _____

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА К-ТАРИРОВКИ Y_2

Относительная длина трещины L/h	Коэффициент Y_2 при значениях L/h									
	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,350	6,91	6,93	6,95	6,97	6,98	7,00	7,01	7,03	7,05	7,07
0,360	7,09	7,11	7,13	7,15	7,17	7,18	7,20	7,22	7,24	7,26
0,370	7,28	7,30	7,32	7,34	7,36	7,38	7,40	7,42	7,44	7,46
0,380	7,48	7,50	7,52	7,54	7,56	7,58	7,60	7,62	7,64	7,66
0,390	7,68	7,70	7,72	7,74	7,76	7,78	7,80	7,82	7,84	7,87
0,400	7,89	7,91	7,93	7,95	7,97	8,00	8,02	8,04	8,06	8,08
0,410	8,11	8,13	8,15	8,18	8,20	8,23	8,25	8,27	8,29	8,32
0,420	8,34	8,36	8,39	8,41	8,43	8,46	8,48	8,50	8,53	8,55
0,430	8,58	8,60	8,62	8,65	8,68	8,71	8,74	8,76	8,78	8,81
0,440	8,84	8,87	8,90	8,92	8,95	8,97	8,99	9,02	9,05	9,07
0,450	9,10	9,13	9,15	9,18	9,21	9,23	9,26	9,29	9,32	9,35

**ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА k_w ,
УЧИТЫВАЮЩЕГО ВЛАЖНОСТЬ
СИЛИКАТНОГО БЕТОНА**

Влажность силикатного бетона по массе в момент испытания, %	10	20	30	40	50
Переводной коэффициент k_w	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12

**ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА k_t ,
УЧИТЫВАЮЩЕГО ТЕМПЕРАТУРУ
СИЛИКАТНОГО БЕТОНА**

Температура бетона и внешней среды, °С	0	10	20	30	40	50
Переводной коэффициент k_w	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Лабораторная работа № 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТИРАЕМОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ (на примере различных видов бетона).	5
.....	
Лабораторная работа № 2. ОЦЕНКА КРАТКОВРЕМЕННОЙ ВОДОСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ РАЗМЯГЧЕНИЯ.	13
Лабораторная работа № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АГРЕССИВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ СРЕД	18
.....	
Лабораторная работа № 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.	24
Лабораторная работа № 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО КРИТЕРИЮ ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ	28
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПРАВИЛА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОФОРМЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА К-ТАРИРОВКИ Y_2	36
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ k_w и k_t	37